

PERILAKU STABILITAS RETENSI KOMPONEN FLAVOR DARI GOLONGAN TERPENOID PADA SISTEM ENKAPSULASI

*Stability Behaviour of Flavor Compound Retention of Terpenoid
at Encapsulation System*

Rini Hustiany¹

ABSTRAK

Lima komponen flavor golongan terpenoid, yaitu α -pinene, myrcene, limonene, linalool, dan α -terpineol dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat dan hidrolisat pati propionat dengan menggunakan pengering semprot pada nisbah komponen flavor/pati termodifikasi adalah 20:80. Produk flavor terenkapsulasi dikemas dalam kantong plastik dan disimpan pada suhu 45°C selama 9 minggu. Produk flavor terenkapsulasi dianalisis dengan scanning electron microscopy dan retensi flavor dengan gas kromatografi. Hasilnya menunjukkan bahwa permukaan partikel-partikel flavor terenkapsulasi adalah kasar, berlubang pada bagian tengahnya dengan lekukan cekung. Komponen-komponen flavor menempel pada dinding enkapsulan. Retensi komponen flavor selama penyimpanan menurun. Setelah collaps, retensi komponen flavor stabil dan akhirnya menurun. Retensi komponen flavor yang paling cepat penurunannya adalah myrcene, diikuti dengan limonene, α -pinene, linalool, dan α -terpineol

Kata kunci: *flavor, enkapsulasi, pati termodifikasi, stabilitas retensi, pengeringan semprot*

ABSTRACT

Five flavor compounds of terpenoid, i.e α -pinene, myrcene, limonene, linalool, and α -terpineol were encapsulated with starch hydrolyzates, namely starch stearate and starch propionate by spray drying at flavor compounds/modified starch ratio 20:80. The encapsulated flavor products were stored in plastic bag at 45°C for 9 weeks. The encapsulated flavor products were analyzed by scanning electron microscopy and flavor retention using gas chromatography. Results indicated that the surfaces of particles of encapsulated flavor were rough, hollow in the middle, with a concave radius of curvature. The flavor compounds were entrapped within the encapsulant wall. The retention of flavor compounds during storage decreased. After collapsed, retention of flavor compounds was stable and finally decreased. The highest decrease in retention of encapsulated flavor compounds was myrcene, followed by limonene, α -pinene, linalool, and α -terpineol.

Keywords: *flavor, encapsulation, modified starch, retention stability, spray drying*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri pangan pada saat ini berlangsung dengan sangat pesatnya. Bahan-bahan ingredien pangan, seperti flavor, asam, lipid, enzim, mikroorganisme, pemanis buatan, vitamin, mineral, air, bahan pengembang dan warna adalah bahan-bahan yang biasa diberikan perlakuan

dengan cara mengenkapsulasi bahan-bahan tersebut. Tujuannya agar bahan-bahan ingredien pangan tersebut dapat dijaga stabilitasnya dalam waktu yang lebih lama dan pendistribusiannya lebih aman dan lebih lancar dibandingkan tanpa dilakukan enkapsulasi. Sehingga kerugian selama penyimpanan dan pendistribusian dapat ditekan atau dihilangkan. Selain itu dengan enkapsulasi juga dapat

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jend. A.Yani KM 32 Banjarbaru. E-mail: hustiany@yahoo.com

menjaga bahan ingredien pangan dari kerusakan kimiawi, evaporasi dan migrasi.

Perkembangan penggunaan proses enkapsulasi ini diikuti dengan perkembangan penggunaan dan eksplorasi terhadap bahan-bahan enkapsulan yang berasal dari Indonesia sendiri. Salah satunya adalah eksplorasi pati termodifikasi dari pati tapioka. Indonesia adalah penghasil pati tapioka yang cukup berlimpah, Hustiany (2005) telah melakukan penelitian untuk memodifikasi pati tapioka menjadi pati termodifikasi yang mempunyai sifat seperti emulsifier, yaitu mempunyai sisi hidrofilik dan hidrofobik. Hustiany (2006) juga telah melakukan enkapsulasi beberapa komponen flavor dari golongan ester dan terpenoid dengan pati tapioka termodifikasi. Produk flavor terenkapsulasi ini dikemas dalam botol dan stabilitasnya selama penyimpanan bertahan 4 sampai 5 minggu pada suhu 45°C.

Selain jenis enkapsulan, stabilitas retensi komponen flavor juga dipengaruhi oleh jenis komponen flavor (Rosenberg dkk., 1990; Whorton dan Reineccius, 1995; Bertolini dkk., 2001; Yoshii dkk., 2001; Soottitantawat dkk., 2004; Soottitantawat dkk., 2005), a_w (Whorton dan Reineccius, 1995; Soottitantawat dkk., 2004; Soottitantawat dkk., 2005), kelembaban relatif (Rosenberg dkk., 1990; Yoshii dkk., 2001; Soottitantawat dkk., 2004; Soottitantawat dkk., 2005), dan suhu transisi gelas (Whorton, 1995; Soottitantawat dkk., 2004).

Dengan demikian, apabila suatu bahan ingredien pangan, seperti komponen flavor, dienkapsulasi dengan pati tapioka termodifikasi diduga mempunyai perilaku stabilitas retensi yang berbeda dengan enkapsulan-enkapsulan yang lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui perilaku stabilitas retensi komponen flavor dari golongan terpenoid yang dienkapsulasi dengan pati tapioka termodifikasi dan dikemas dalam plastik selama penyimpanan.

METODE PENELITIAN

Pertama-tama dilakukan enkapsulasi komponen flavor yang dijadikan model, yaitu α -pinene, myrcene, limonene, linalool, dan α -terpineol, dengan hidrolisat pati tapioka stearat 9,09% dan hidrolisat pati tapioka propionat 9,09%. Perbandingan antara komponen flavor dan enkapsulannya adalah 20:80. Campuran yang terbentuk dihomogenisasi dan dikeringkan dengan *spray dryer*. Perbandingan yang menghasilkan retensi terbaik digunakan untuk menentukan stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi selama penyimpanan pada suhu 45°C selama 9 minggu dan dianalisis dalam setiap minggunya.

Enkapsulasi Komponen Flavor

Proses enkapsulasi komponen flavor dilakukan dengan cara memodifikasi metode Bhandari dkk. (1992), Mongenot dkk. (2000), dan Varavinit dkk. (2001).

Penyiapan Enkapsulan. Masing-masing enkapsulan berupa pati tapioka termodifikasi dari kedua jenis yang digunakan disuspensikan dalam 600 ml air destilata. Jumlah masing-masing enkapsulan yang disuspensikan adalah sebanyak 192 g. Suspensi diaduk perlahan-lahan sambil dipanaskan mencapai 60°C, kemudian disimpan dalam lemari es (5-10°C) selama satu malam.

Penyiapan Campuran Komponen Flavor. Kelima komponen flavor, yaitu α -pinene, myrcene, limonene, linalool, dan α -terpineol, dicampurkan dengan rasio (v/v) 2,5:2,5:2:1,5:1,5. Urutan rasio sesuai dengan urutan komponen flavor yang disebutkan diatas.

Proses Enkapsulasi. Kedalam suspensi enkapsulan, ditambahkan masing-masing campuran komponen flavor sebanyak 48 g. Campuran dihomogenisasi dengan homogenizer (ultra turax T25) pada 11000 rpm selama 3 menit dan 16000 rpm selama 1 menit. Selanjutnya, campuran yang sudah homogen dikeringkan dengan pengering semprot (mini *spray dryer* Buchi 190) kapasitas 1 liter pada suhu *inlet* 120°C dan suhu *outlet* 60°C serta tekanan sebesar 2 Bar.

Analisis Bentuk Partikel Produk Flavor Terenkapsulasi

Scanning electron microscope digunakan untuk melihat bentuk partikel produk flavor terenkapsulasi. Sampel yang dianalisis adalah produk flavor terenkapsulasi yang sudah disimpan 2 minggu. Sampel ditempatkan pada suatu potongan spesimen yang telah diberi karbon, kemudian spesimen disapuh dengan lapisan emas menggunakan alat JFC-1100E *ion sputtering device* selama 4 menit dengan tekanan 20 Pa, arus listrik 100 mA dan ketebalan penyapuhan 300 Å. Sampel yang telah disapuh dimasukkan ke dalam alat *scanning electron microscope* yang dilengkapi kamera foto dengan perbesaran 2000x.

Ekstraksi Komponen Flavor dari Produk Flavor Terenkapsulasi

Ekstraksi komponen flavor dari produk flavor terenkapsulasi dilakukan dengan cara memodifikasi metode Medikasari (1998). Caranya adalah sebanyak 2 g sampel produk flavor terenkapsulasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi tertutup. Kemudian ditambahkan dengan air destilata sebanyak 5 ml dan dikocok menggunakan vorteks sampai bubuk larut dalam air. Selanjutnya ditambahkan 0,5 ml

standar internal *ethyl-methyl-2-butyrate* (murni) dan dikocok menggunakan vorteks selama 2 menit. Setelah itu ditambahkan dietil eter sebanyak 10 ml dan diaduk selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan dekantasi dengan labu pemisah, bagian dietil eter dipisahkan dan ditambahkan dengan sodium sulfat anhidrat. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3 kali. Ekstrak dietil eter dipekatkan dengan kolom *vigreux*. Sebelum diinjeksikan ke GC (*gas chromatograph*), ekstrak dietil eter dihisap dengan gas nitrogen sampai jumlah sampel sekitar 0,2 ml.

Identifikasi Komponen Flavor

Selain sampel, maka setiap komponen flavor dan standar internal juga diinjeksikan untuk mengetahui waktu retensinya. Waktu retensi yang diperoleh dibandingkan dengan waktu retensi sampel, sehingga dapat diidentifikasi komponen flavor yang ada pada sampel. Kondisi GC yang digunakan adalah suhu awal oven 50°C ditahan selama 3 menit dan suhu akhir 220°C dengan kenaikan 4°C/menit. Pada suhu 220°C ditahan selama 5 menit. Kolom yang digunakan adalah kolom kapiler HP5 *Aggiland* yang berisi *methyl siloxane* 5% dengan panjang 30 m, diameter dalam 0,25 mm dan tebal lapisan 0,25 µm. Detektornya adalah FID. Gas untuk pembakaran detektor adalah gas hidrogen (H₂) dengan laju 40 ml/menit, oksigen (O₂) dengan laju 200 ml/menit, sedangkan gas pembawa adalah nitrogen (N₂) dengan laju 1,8 ml/menit. Suhu injektor 225°C dan detektor 260°C dengan tekanan 4,9 Psi. Metode injeksi secara *split* 1:50 dengan jumlah sampel yang diinjeksikan sebanyak 1 µl.

Retensi Komponen Flavor Terenkapsulasi

Retensi komponen flavor yang disajikan dalam bentuk persen (%) dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah komponen flavor setelah dienkapsulasi (g/g) dan jumlah komponen flavor sebelum dienkapsulasi (g/g) dikalikan 100. Jumlah komponen flavor setelah dienkapsulasi diperoleh dari membandingkan luas area masing-masing peak dari komponen flavor dengan luas area peak standar internal dikalikan dengan perbandingan antara berat standar internal dengan berat sampel dikalikan dengan faktor respon (RF).

$$\text{Jumlah komponen flavor} = \frac{\text{luas area komponen flavor}}{\text{luas area standar internal}} \times \frac{\text{berat standar internal (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times \text{RF}$$

Faktor respon diperoleh dari kromatogram campuran komponen flavor yang telah diketahui berat masing-masing komponennya. Selanjutnya dihitung dengan rumus :

$$\text{Faktor respon ke-i} = \frac{\text{luas area standar internal}}{\text{luas area komponen ke-i}} \times \frac{\text{berat komponen ke-i (g)}}{\text{berat standar internal (g)}}$$

Retensi komponen flavor (C) (% g/g) selama penyimpanan dipersenkan dengan menggunakan persamaan:

$$C = (C / C_0) \times 100$$

dimana :

C = retensi komponen flavor hari ke-x

C₀ = retensi komponen flavor hari ke-0

Stabilitas Retensi Produk Flavor Terenkapsulasi

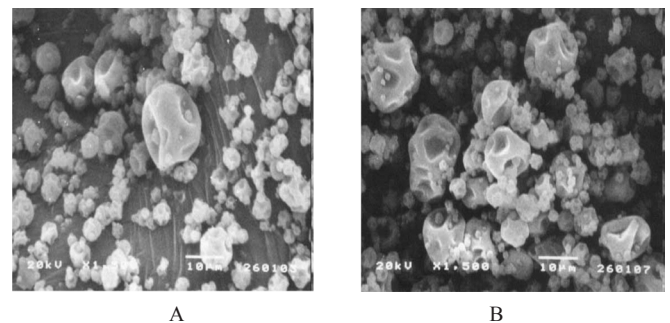
Stabilitas retensi produk flavor terenkapsulasi dilakukan dengan cara masing-masing produk flavor terenkapsulasi sebanyak 5 g dikemas dalam plastik propilen tertutup dengan ukuran panjang 8 cm, lebar 5 cm dan tebal 0,2475 mm tanpa divakum. Plastik-plastik yang berisi produk flavor terenkapsulasi disimpan dalam inkubator pada suhu 45°C selama 9 minggu. Pada setiap minggunya diambil satu plastik dan dianalisis secara duplo berupa retensi komponen flavor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk Partikel Produk Flavor Terenkapsulasi

Bentuk partikel agak bulat dengan permukaan yang keriput, tidak mulus dan berlubang-lubang, seperti lembah ke arah pusat partikel (cekungan) juga terjadi pada produk flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat stearat (Gambar 1A) dan hidrolisat pati propionat (Gambar 1B).

Bentuk partikel agak bulat dengan permukaan yang keriput, tidak mulus dan berlubang-lubang, seperti cekungan adalah bentuk partikel yang biasa terjadi pada proses enkapsulasi menggunakan pati termodifikasi dengan pengering semprot (Onwulata dkk., 1996; Zeller dkk., 1999; Varavinit dkk., 2001; Shaikh dkk., 2005; Soottitantawat dkk., 2005). Bentuk partikel seperti ini disebabkan terjadinya pengkerutan selama proses akhir pengeringan atau pendinginan partikel yang mengandung vakuola yang relatif besar (Onwulata dkk., 1996).

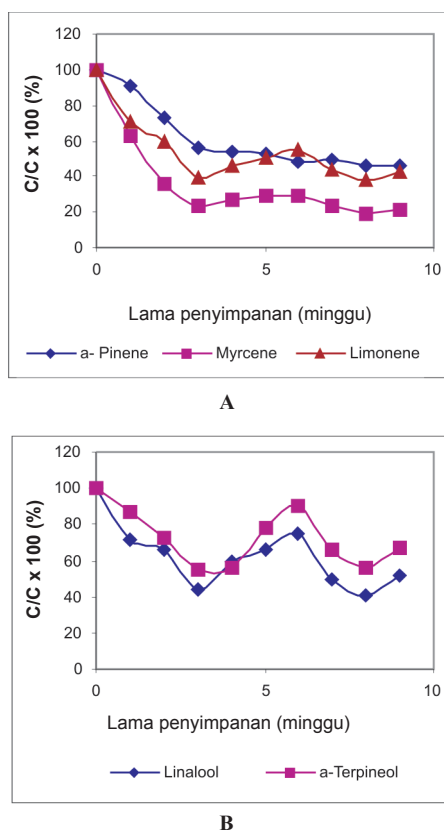


Gambar 1. Bentuk partikel produk flavor terenkapsulasi menggunakan *scanning electron microscope*. A, hidrolisat pati stearat; B, hidrolisat pati propionat. Perbesaran 1500x, 1 bar = 10 µm.

Ditambahkan pula oleh Onwulata dkk. (1996) dan Zeller dkk. (1999), bentuk partikel yang seperti ini disebabkan bagian pusat, yaitu komponen flavor, tidaklah berada pada pusat partikel. Akan tetapi komponen flavor berada atau terikat pada dinding enkapsulan, sedangkan bagian pusat partikel kosong. Kekosongan inilah yang mengakibatkan terjadinya cekungan.

Pola Stabilitas Retensi Komponen Flavor Terenkapsulasi selama Penyimpanan

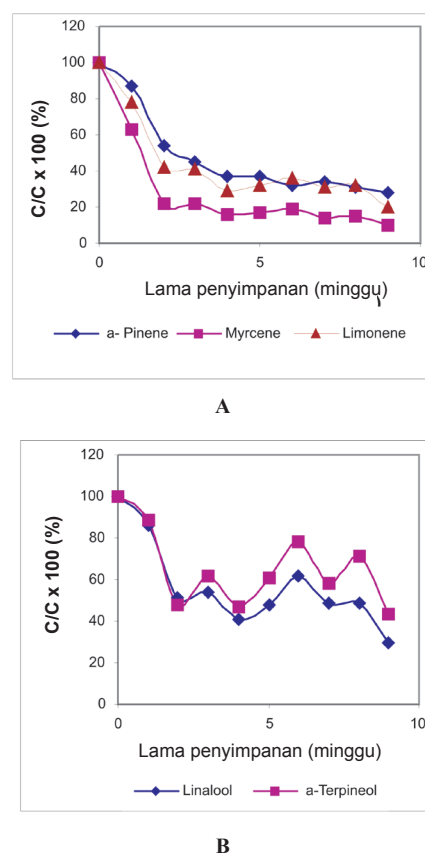
Pola stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi hidrolisat pati stearat untuk masing-masing komponen flavor secara umum adalah relatif sama. Retensi α -pinene, myrcene, limonene (Gambar 2A) linalool dan α -terpineol (Gambar 2B) menurun dari minggu ke-0 sampai minggu ke-3. Setelah minggu ke-3 retensi α -pinene, myrcene, dan limonene adalah relatif stabil, sedangkan retensi linalool dan α -terpineol adalah relatif tidak stabil. Mulai minggu ke-6 stabilitas retensi α -pinene, myrcene, dan limonene mulai menurun lagi, dan penurunan yang lebih tajam terjadi pada retensi linalool dan α -terpineol.



Gambar 2. Pola Stabilitas retensi komponen-komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat selama penyimpanan pada suhu 45°C dan a_w 0,41-0,56 yang dinyatakan sebagai persen perbandingan dengan retensi hari ke-0. **A.** α -pinene, myrcene dan limonene, **B.** linalool dan α -terpineol.

Pola-pola seperti di atas juga terjadi pada komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat. Retensi α -pinene, myrcene, limonene (Gambar 3A) linalool dan α -terpineol (Gambar 3B) menurun dari minggu ke-0 sampai minggu ke-2. Setelah minggu ke-2 retensi α -pinene, myrcene, dan limonene adalah relatif stabil, sedangkan retensi linalool dan α -terpineol adalah relatif tidak stabil. Mulai minggu ke-6 stabilitas retensi α -pinene, myrcene, limonene linalool dan α -terpineol mulai menurun lagi.

Pola stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi tersebut terjadi karena selama penyimpanan nilai a_w produk flavor terenkapsulasi adalah relatif besar, berkisar 0,35-0,56. Menurut Whorton dan Reineccius (1995), nilai a_w yang tinggi akan menyebabkan molekul-molekul air yang berada disekitar produk flavor terenkapsulasi berpenetrasi ke dalam partikel-partikel enkapsulan. Produk flavor terenkapsulasi mengalami hidrasi. Permukaan dinding enkapsulan menjadi "stress" dan membentuk kerak. Kondisi seperti ini disebut sebagai awal dari *collapse* yang menyebabkan stabilitas dan retensi komponen-komponen flavor terenkapsulasi menurun



Gambar 3. Pola stabilitas retensi komponen-komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat selama penyimpanan pada suhu 45°C dan a_w 0,35-0,5 yang dinyatakan sebagai persen perbandingan dengan retensi hari ke-0. **A.** α -pinene, myrcene dan limonene, **B.** linalool dan α -terpineol.

serta komponen-komponen flavor lepas dari dinding enkapsulan. Partikel-partikel produk flavor terenkapsulasi saling berdekatan dan teraglomerasi membentuk *fully collaps*. Kondisi ini efektif untuk terjadinya proses "reenkapsulasi" komponen-komponen flavor. Pada grafik (Gambar 2 dan 3) terlihat bahwa retensi komponen flavor adalah relatif stabil setelah minggu ke-3.

Pada penelitian ini ada suatu pola yang berbeda dengan pola-pola umumnya (Yoshii dkk., 2001; Bertolini dkk., 2001; Soottitantawat dkk., 2004; Soottitantawat, 2005) yang telah dijelaskan di atas, yaitu setelah stabilitas retensi komponen flavor relatif stabil, retensi komponen flavor kembali menurun. Hal ini disebabkan setelah proses "reenkapsulasi", produk flavor terenkapsulasi masih mengalami hidrasi, sehingga komponen flavor lepas dari dinding enkapsulan. Adapun Yoshii dkk. (2001), Bertolini dkk. (2001); Soottitantawat dkk. (2004); Soottitantawat, (2005) hanya melihat pola stabilitas komponen flavor selama 25 sampai 33 hari, sedangkan pola-pola stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi dengan pati tapioka termodifikasi dilakukan selama 9 minggu atau 63 hari. Sehingga Yoshii dkk. (2001), Bertolini dkk. (2001), Soottitantawat dkk. (2004), Soottitantawat, (2005) hanya melihat pola stabilitas retensi komponen flavor pada tahap menurun dan awal dari stabil, tetapi tidak melihat pola penurunan stabilitas retensi komponen flavor kembali.

Berdasarkan pola-pola stabilitas retensi komponen flavor terenkapsulasi yang dihasilkan, komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati propionat lebih mudah *collaps* (minggu ke-2) dibandingkan komponen flavor terenkapsulasi dalam hidrolisat pati stearat (minggu ke-3). Hal ini berbeda pada komponen flavor terenkapsulasi dengan pati tapioka termodifikasi yang dikemas dalam botol, bahwa komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat lebih mudah *collaps* (minggu ke-4) dibandingkan komponen flavor terenkapsulasi dengan hidrolisat pati propionat (minggu ke-5) (Hustiany, 2006). Lebih cepatnya *collaps* komponen flavor terenkapsulasi yang dikemas dengan plastik dibandingkan yang dikemas dengan botol disebabkan perbedaan permeabilitas kemasan, yang mana botol kurang permeabel dibandingkan dengan plastik.

Laju Penurunan Stabilitas Retensi Komponen Flavor berdasarkan Data Empiris Pada Berbagai Suhu

Ada lima komponen flavor dari golongan terpenoid yang dienkapsulasi dengan hidrolisat pati stearat dan hidrolisat pati propionat, yaitu α -pinene, myrcene, limonene, linalool dan α -terpineol. Kelima komponen flavor ini mempunyai karakteristik yang berbeda (Gambar 2 dan 3). Dengan karakteristik yang berbeda ini, kestabilan masing-masing komponen flavor selama penyimpanan juga berbeda. Myrcene

adalah komponen flavor terenkapsulasi yang stabilitas retensinya paling rendah diikuti dengan limonene, α -pinene, linalool, dan α -terpineol.

Bertolini dkk. (2001) menyatakan bahwa linalool terenkapsulasi dalam gum arab adalah komponen flavor yang paling rendah stabilitas retensinya diikuti dengan myrcene, limonene, dan α -pinene. Stabilitas retensi linalool paling rendah dibandingkan monoterpen lainnya disebabkan terjadinya degradasi pada linalool melalui dehidrasi dan oksidasi membentuk produk "penyusunan kembali". Linalool adalah alkohol tersier yang mudah terdehidrasi dengan adanya gum arab yang kaya akan gugus hidroksil.

Hasil penelitian Bertolini dkk tersebut sedikit berbeda dengan hasil penelitian apabila komponen-komponen flavor tersebut dienkapsulasi dengan pati tapioka termodifikasi. Stabilitas retensi linalool dan α -terpineol lebih tinggi dibandingkan dengan myrcene, limonene, dan α -pinene. Hal ini disebabkan pada pati tapioka termodifikasi terdapat sisi-sisi hidrofobik yang menghambat terjadinya dehidrasi pada linalool dan α -terpineol. Selain itu, tekanan uap linalool dan α -terpineol lebih tinggi dibandingkan myrcene, limonene, dan α -pinene, sehingga penurunan retensi linalool dan α -terpineol lebih lambat dibandingkan myrcene, limonene, dan α -pinene.

Adapun stabilitas retensi myrcene dan limonene lebih rendah dibandingkan dengan α -pinene, disebabkan myrcene dan limonene menurut Bertolini dkk. (2001) mengalami degradasi selama penyimpanan, sedangkan α -pinene tidak mengalami degradasi. Degradasi myrcene bisa menjadi produk siklisasi, limonene, dan produk dimerik, sedangkan degradasi limonene bisa menjadi limonene cis-oxide, limonene trans-oxide, carvone, trans-carveol, alkohol perilik, carveol acetate, dan perillyl acetate.

Selain penurunan stabilitas retensi myrcene dan limonene karena degradasi, penurunan stabilitas retensi ini juga dapat disebabkan struktur kimia myrcene dengan 3 ikatan rangkap dan limonene dengan 2 ikatan rangkap lebih mudah melepaskan ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik dengan adanya perubahan struktur dinding matriks dibandingkan α -pinene yang hanya mengandung 1 ikatan rangkap.

KESIMPULAN

Bentuk partikel produk flavor terenkapsulasi adalah agak bulat dengan permukaan yang keriput, tidak mulus dan berlubang-lubang, seperti lembah ke arah pusat partikel (cekungan).

Pola stabilitas retensi komponen terenkapsulasi adalah menurun sampai suatu titik *collaps* selama 2 sampai 3 minggu, kemudian stabil selama 3 minggu, setelah itu terus menurun.

Komponen flavor terenkapsulasi yang stabilitas retensinya terendah adalah *myrcene* diikuti dengan *limonene*, α -*pinene*, *linalool* dan α -*terpineol*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui proyek Penelitian Dosen Muda Tahun Anggaran 2005/2006 dan PT Firmenich Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertolini, A.C., Siani, A.C. dan Grosso, C.R.F. (2001). Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**:780-785.
- Bhandari, B.R., Dumoulin, E.D., Richard, H.M.J., Noleau, I. dan Lebert, A.M. (1992). Flavor encapsulation by spray drying : Application to citral and linalyl acetate. *Journal of Food Science* **57**: 217 – 221.
- Hustiany, R, Fardiaz, D., Apriyantono, A. dan Andarwulan, N. (2005). Modifikasi asilasi dan suksinilasi pati tapioka. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **16**: 206-214.
- Hustiany, R. (2006). Modifikasi asilasi dan suksinilasi pati tapioka sebagai bahan enkapsulasi komponen flavor. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mangenot, N., Charrier, S. dan Chalier, P. (2000). Effect of ultrasound emulsification on cheese aroma encapsulation by carbohydrate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**: 861-867.
- Medikasari. 1998. Mempelajari pengaruh konsentrasi dan nisbah bahan matriks serta penyimpanan terhadap retensi komponen flavor terenkapsulasi. [Tesis]. IPB, Bogor.
- Onwulata, C.I., Smith, P.W., Cooke, P.H. dan Holsinger, V.H.. (1996). Particle structure of encapsulated milkfat powders. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **29**: 163-172.
- Rosenberg, M., Kopelman, I.J. dan Talmon, Y. (1990). Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **38**: 1288-1294.
- Shaikh J., Bhosale R., Sigal R. (2005). Microencapsulation of black pepper oleoresin. *Food Chemistry* [Article In Press:19 Januari 2005].
- Sootitawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohgawara, M., Forssell, P. dan Partanen, R. (2004). Effect of water activity on the release characteristics and oxidative stability of D-limonene encapsulated by spray drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**: 1269-1276.
- Sootitawat, A., Takayama, K., Okamura, K., Muranaka, D., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M. dan Linko, P. (2005). Microencapsulation of *l*-menthol by spray drying and its release characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technology* **6**: 163-170.
- Varavinit, S., Chaokasem, N. dan Shobsngob, S. (2001). Studies of flavor encapsulation by agents produced from modified sago and tapioca starches. *Starch/Starke* **53**: 281-287.
- Whorton, C. (1995). Factors influencing volatile release from encapsulation matrices. Dalam: Risch, S.J. dan Reineccius, G.A. (ed.). *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, hal 134-142. American Chemical Society, Washington.
- Whorton, C. dan Reineccius, G.A. (1995). Evaluation of the mechanism associated with the release of encapsulated flavor materials from maltodextrin matrices. Dalam Risch, S.J. dan Reineccius, G.A (ed.). *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, hal 143-160. American Chemical Society, Washington.
- Yoshii, H., Sootitawat, A., Liu, X-D., Atarashi, T., Furuta, T., Aishima, S., Ohgawara, M. dan Linko, P. (2001). Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *Innovative Food Science Emerging Technology* **2**: 55-61.
- Zeller, B.L., Saleeb, F.Z. dan Ludescher, R.D. (1999). Trends in development of porous carbohydrate food ingredients for use in flavor encapsulation. *Trends in Food Science & Technology* **9**: 389-394.